Filip Pasternak, Laboratorium nr.7 – Sprawozdanie

Grupa lab. 7, piątek 18:30

Zad 1

clear all; close all

syms t w

N = 10; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10; f1 = 100; %Hz

x1 = A1\*sin(2\*pi\*f1\*t);

x = x1;

tn = [0:N-1]\*Tp; % wsp. czasowe próbek

xn = double(subs(x,t,tn));

Xk = zeros(1,N);

for k = 0:N-1 % impl. wzoru (8)

for n = 0:N-1

Xk(k+1) = Xk(k+1) + xn(n+1)\*exp(-1j\*2\*pi/N\*k\*n);

end

end

Xk\_fft = fft(xn,N); %funkcja wbudowana

dft\_err = sum(abs(Xk\_fft-Xk))

dft\_err = 1.2616e-13

disp('DFT error:'); disp(dft\_err);

DFT error:

1.2616e-13

figure;

subplot(2,1,1)

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

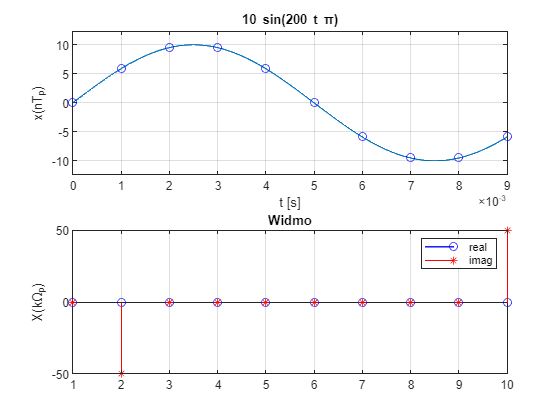
stem(real(Xk),'ob'); grid on, hold on

stem(imag(Xk),'\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')



**Zadanie 2**

%poprawki

wk = fp\*[0:N-1]/N;

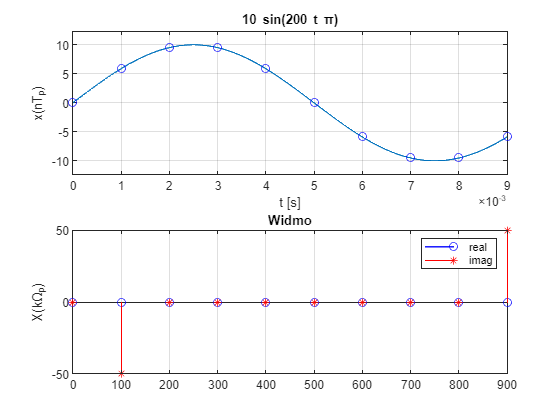
stem(wk, real(Xk), 'ob'); grid on; hold on;

stem(wk, imag(Xk), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')



**Zadanie 3**

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

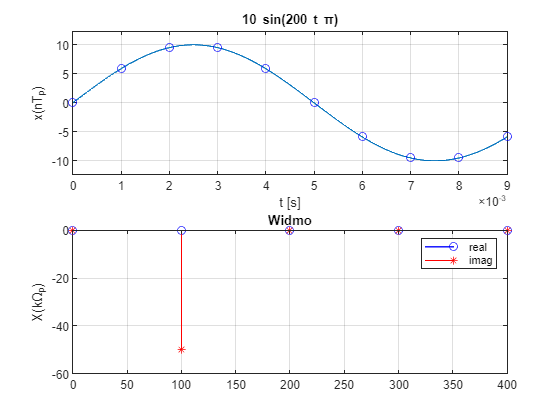
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')



**Zadanie 4**

tol = 1e-2;

Xk(abs(Xk) < tol) = 0;

figure(2);

subplot(2,1,1);

stem(wk, abs(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

ylabel('|X(k\Omega\_p)|');

title('Gęstość widmowa amplitudy');

xlabel('f [Hz]');

subplot(2,1,2);

stem(wk, angle(Xk(1:N/2)), '\*r'); grid on;

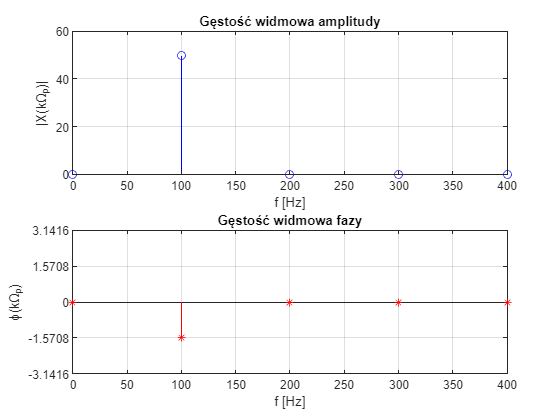
yticks([-2\*pi, -1.5\*pi, -pi, -pi/2, 0, pi/2, pi, 1.5\*pi, 2\*pi]);

ylim([-pi, pi]);

ylabel('\phi(k\Omega\_p)');

title('Gęstość widmowa fazy');

xlabel('f [Hz]');



Od tego momentu wykresy są rysowane poprawnie.

**Zadanie 5**

N = 15; % liczba próbek

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

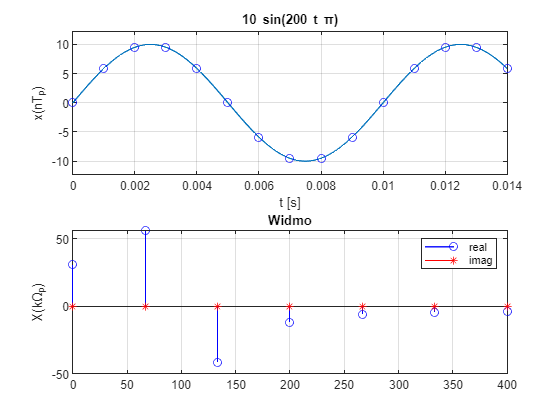
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')



tol = 1e-2;

Xk(abs(Xk) < tol) = 0;

figure(2);

subplot(2,1,1);

stem(wk, abs(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

ylabel('|X(k\Omega\_p)|');

title('Gęstość widmowa amplitudy');

xlabel('f [Hz]');

subplot(2,1,2);

stem(wk, angle(Xk(1:N/2)), '\*r'); grid on;

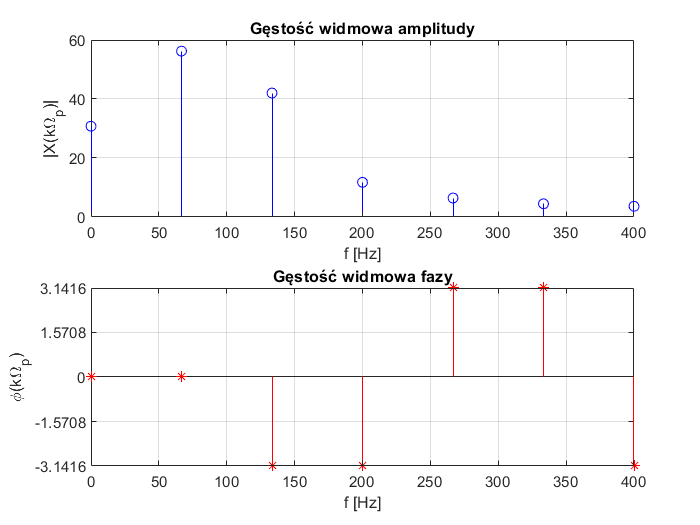
yticks([-2\*pi, -1.5\*pi, -pi, -pi/2, 0, pi/2, pi, 1.5\*pi, 2\*pi]);

ylim([-pi, pi]);

ylabel('\phi(k\Omega\_p)');

title('Gęstość widmowa fazy');

xlabel('f [Hz]');



N = 20; % liczba próbek

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

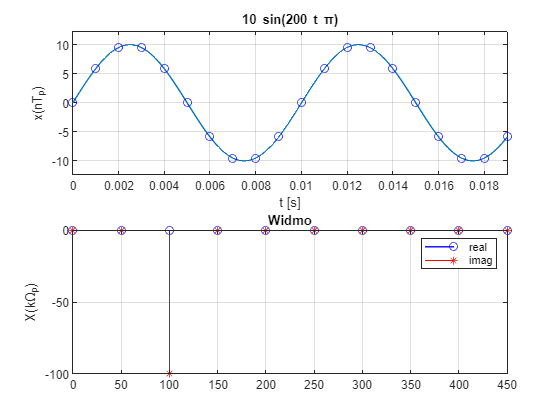
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

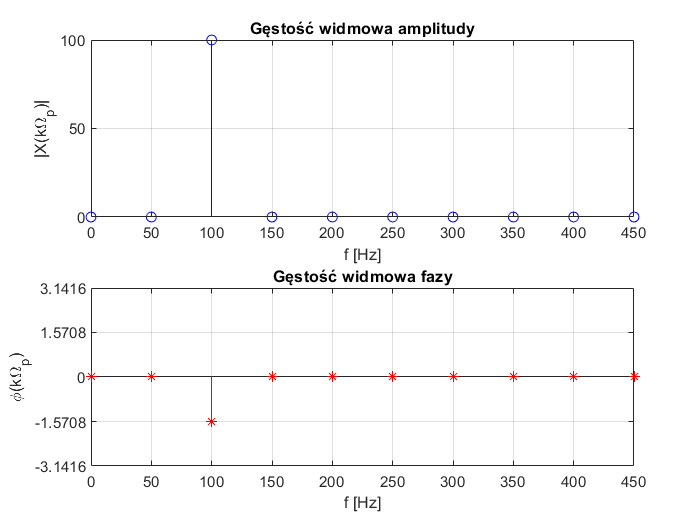
stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')





Przy dwukrotnym zwiększeniu liczby próbek moc sygnału także powiększyła się dwukrotnie, zaś faza pozostała niezmieniona.

Przy N = 15, jako że nie ma próbki odpowiadającej dokładnie częstotliwości sygnału (100Hz), energia została rozłożona na inne próbki, w szczególności na dwie sąsiadujące. Pojawiła się również składowa stała, której teoretycznie w sygnale nie ma. Dobrze obrazuje to wykres gęstości widmowej amplitudy.

**Zadanie 6**

clear all; close all

syms t w

N = 20; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10; f3 = 150; %Hz

x1 =A1\*sin(2\*pi\*f3\*t);

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

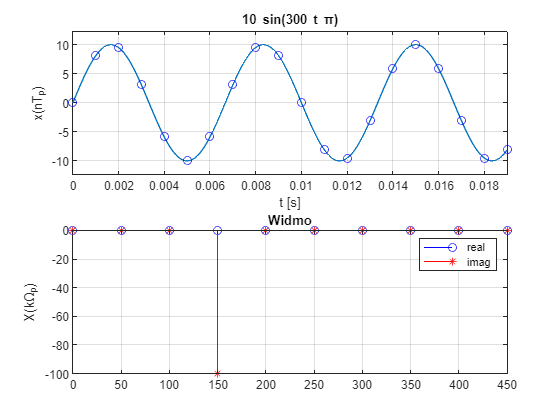
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

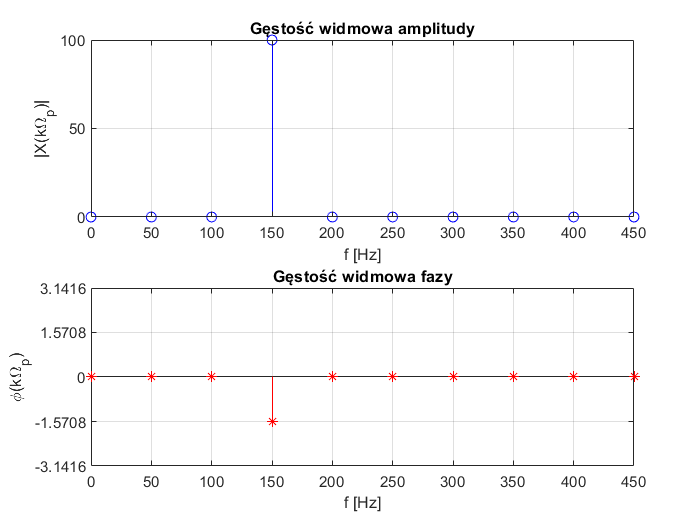
stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')





**Zadanie 7**

% okno trojkatne

clear all; close all

syms t w

N = 20; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10; f3 = 150; %Hz

x1 =A1\*sin(2\*pi\*f3\*t);

x = x1;

tn = [0:N-1]\*Tp; % wsp. czasowe próbek

xn = double(subs(x,t,tn));

xn = xn.\*triang(N)';

Xk = zeros(1,N);

for k = 0:N-1 % impl. wzoru (8)

for n = 0:N-1

Xk(k+1) = Xk(k+1) + xn(n+1)\*exp(-1i\*2\*pi\*k\*n/N);

end

end

Xk\_fft = fft(xn,N); %funkcja wbudowana

dft\_err = sum(abs(Xk\_fft-Xk))

dft\_err = 6.4001e-13

disp('DFT error:'); disp(dft\_err);

DFT error:

6.4001e-13

figure;

subplot(2,1,1)

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

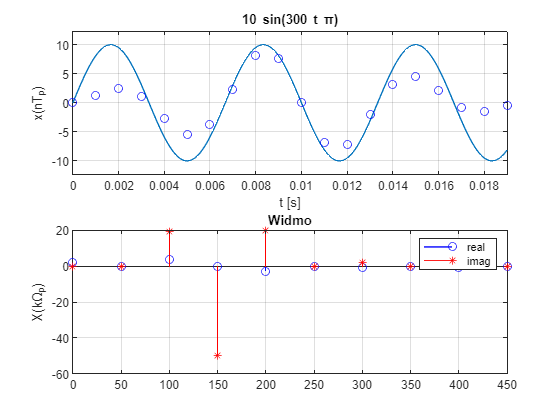
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

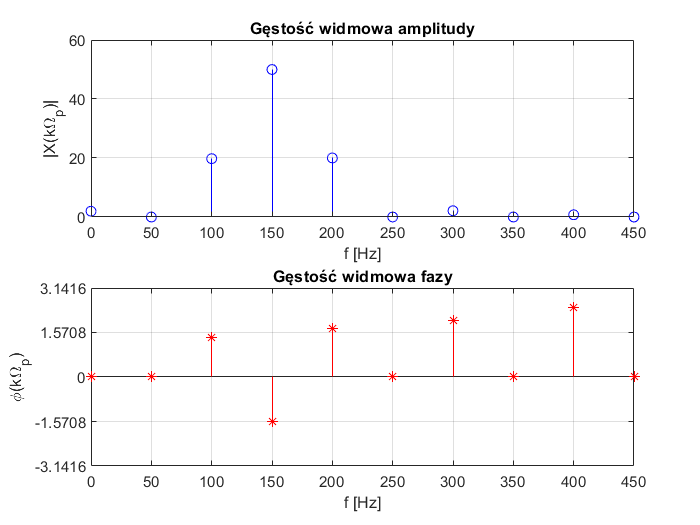
stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')





%okno gaussa

clear all; close all

syms t w

N = 20; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10; f3 = 150; %Hz

x1 =A1\*sin(2\*pi\*f3\*t);

x = x1;

tn = [0:N-1]\*Tp; % wsp. czasowe próbek

xn = double(subs(x,t,tn));

xn = xn.\*window(@gausswin,N,2.5)';

Xk = zeros(1,N);

for k = 0:N-1 % impl. wzoru (8)

for n = 0:N-1

Xk(k+1) = Xk(k+1) + xn(n+1)\*exp(-1i\*2\*pi\*k\*n/N);

end

end

Xk\_fft = fft(xn,N); %funkcja wbudowana

dft\_err = sum(abs(Xk\_fft-Xk))

dft\_err = 7.1807e-13

disp('DFT error:'); disp(dft\_err);

DFT error:

7.1807e-13

figure;

subplot(2,1,1)

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

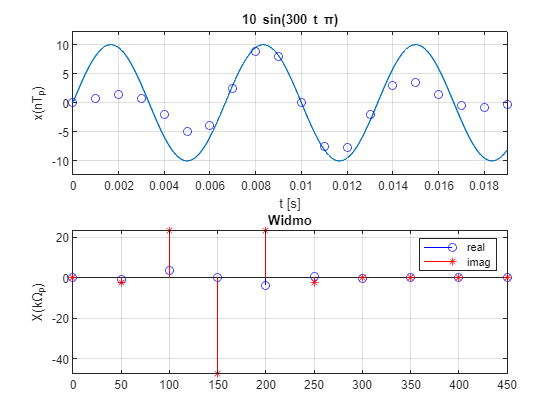
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

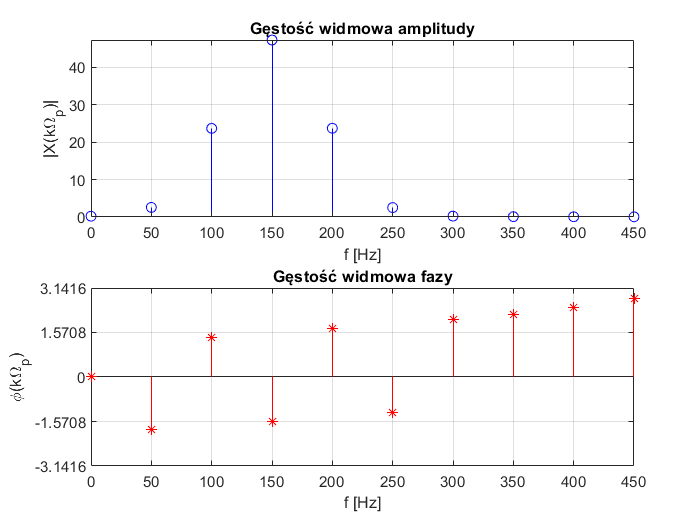
stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')





% okno czebyszewa

clear all; close all

syms t w

N = 20; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10; f3 = 150; %Hz

x1 =A1\*sin(2\*pi\*f3\*t);

x = x1;

tn = [0:N-1]\*Tp; % wsp. czasowe próbek

xn = double(subs(x,t,tn));

xn = xn.\*chebwin(N)';

Xk = zeros(1,N);

for k = 0:N-1 % impl. wzoru (8)

for n = 0:N-1

Xk(k+1) = Xk(k+1) + xn(n+1)\*exp(-1i\*2\*pi\*k\*n/N);

end

end

Xk\_fft = fft(xn,N); %funkcja wbudowana

dft\_err = sum(abs(Xk\_fft-Xk))

dft\_err = 7.0485e-13

disp('DFT error:'); disp(dft\_err);

DFT error:

7.0485e-13

figure;

subplot(2,1,1)

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

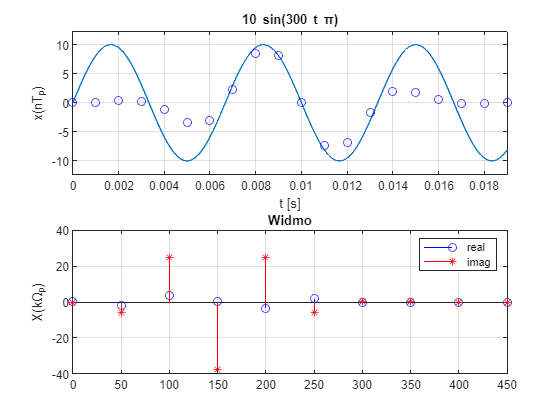
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

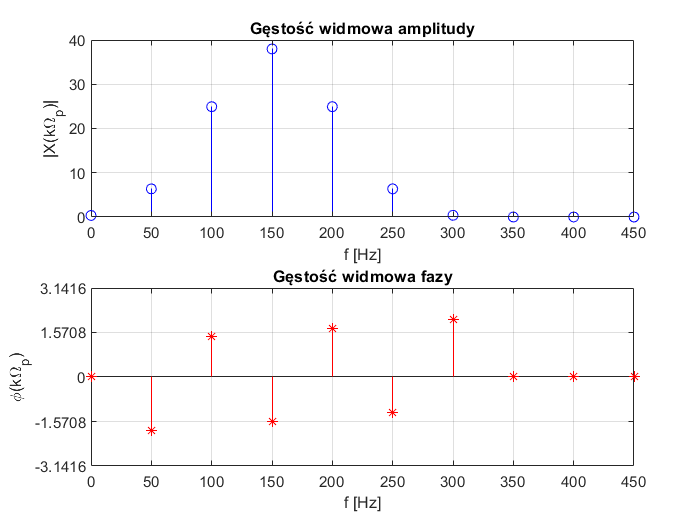
stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')





Porównanie okien:

Najlepsze efekty dało zastosowanie okna trójkątnego. Dla sygnału o częstotliwości 150Hz po jego zastosowaniu, największą amplitudę miały próbki odpowiadające najbliżej leżącym częstotliwościom, tj. 100Hz i 200Hz. Pozostałe zostały znacznie zmniejszone. Okna Gaussa i Czebyszewa zadziałały podobnie, w obu jednak pojawiła się dość duża składowa stała, okna w ogóle jej nie odfiltrowały.

**Zadanie 8**

clear all; close all

syms t w

N = 20; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10;

f1 = 100; %Hz

f2 = 200;

A2 = 5.0;

x1 = A1\*sin(2\*pi\*f1\*t) + A2\*sin(2\*pi\*f2\*t);

x = x1;

tn = [0:N-1]\*Tp; % wsp. czasowe próbek

xn = double(subs(x,t,tn));

%przesuniecie cykliczne

xm = zeros(1,N);

m = 2;

for n = 0:N-1

xm(n+1) = xn(mod(n + m, N)+1);

end

xn = xm;

Xk = zeros(1,N);

for k = 0:N-1 % impl. wzoru (8)

for n = 0:N-1

Xk(k+1) = Xk(k+1) + xn(n+1)\*exp(-1i\*2\*pi\*k\*n/N);

end

end

Xk\_fft = fft(xn,N); %funkcja wbudowana

dft\_err = sum(abs(Xk\_fft-Xk))

dft\_err = 1.5463e-12

disp('DFT error:'); disp(dft\_err);

DFT error:

1.5463e-12

figure;

subplot(2,1,1)

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

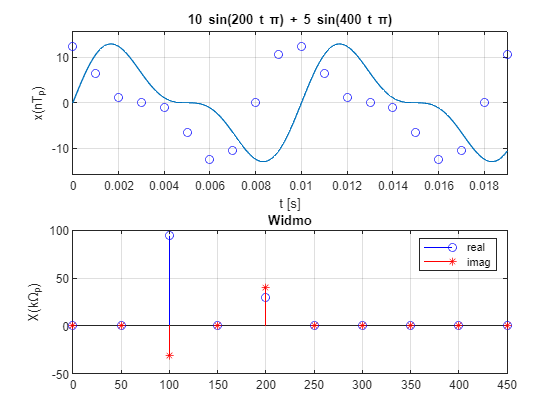
stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

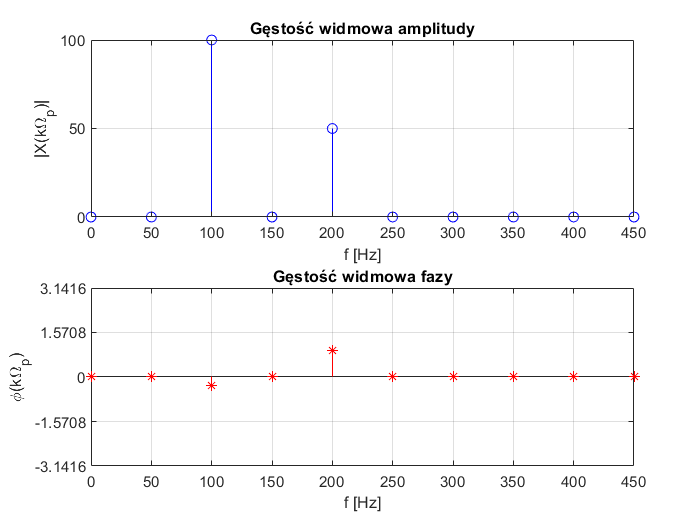
stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')





Przy przesunięciu cyklicznym, można obserwować zmianę fazy, podczas gdy amplituda pozostaje stała.

**Zadanie Domowe**

%Zadanie domowe

clear all; close all

syms t w

N = 15; % liczba próbek

fp = 1000;%Hz

Tp = 1/fp;

A0 = 5;

A1 = 10; f1 = 100; %Hz

x1 = A1\*sin(2\*pi\*f1\*t);

x = x1;

tn = [0:N-1]\*Tp; % wsp. czasowe próbek

xn = double(subs(x,t,tn));

W = dftmtx(N);

Xk = xn\*W;

Xk\_fft = fft(xn,N); %funkcja wbudowana

dft\_err = sum(abs(Xk\_fft-Xk))

dft\_err = 3.7752e-14

disp('DFT error:'); disp(dft\_err);

DFT error:

3.7752e-14

figure;

subplot(2,1,1)

ezplot(x,[tn(1),tn(N)]); hold on; grid on

plot(tn, xn,'ob');

xlabel('t [s]'); ylabel('x(nT\_p)');

subplot(2,1,2)

%poprawki

wk = fp\*[0:N/2-1]/N; % oś częstotliwości

stem(wk, real(Xk(1:N/2)), 'ob'); grid on; hold on;

stem(wk, imag(Xk(1:N/2)), '\*r');

title('Widmo'),

ylabel('X(k\Omega\_p)'); %xlabel('f [Hz]')

legend('real','imag')

